

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC997 U.S. PTO  
10/025465  
12/26/01

US

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-391386

出 願 人

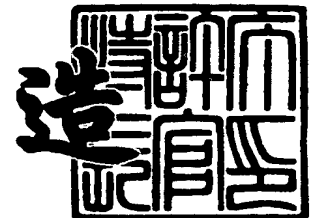
Applicant(s):

日本電気株式会社

2001年10月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3093621

#2  
Priority  
Paper 3  
4/5/02  
2/11/01  
PATENT  
PNDF-01211  
JC997 U.S. PT6  
10/025465  
12/26/01

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Toshiyuki KAMBE Conf.:  
Appl. No.: NEW Group:  
Filed: December 26, 2001 Examiner:  
For: OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE AND PROCESS  
FOR PRODUCTION THEREOF

CLAIM TO PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

26 December 2001

Sir:

Applicant(s) herewith claim(s) the benefit of the priority filing date of the following application(s) for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55:

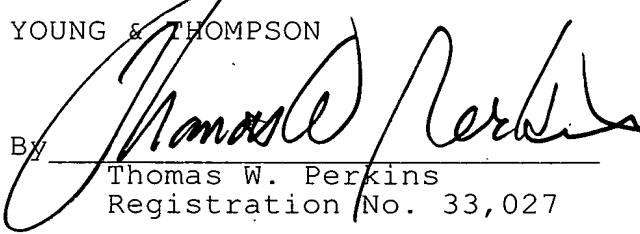
<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2000-391386	December 22, 2000
JAPAN	2001-081184	March 21, 2001

Certified copy(ies) of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By

  
Thomas W. Perkins  
Registration No. 33,027

745 South 23<sup>rd</sup> Street  
Arlington, VA 22202  
Telephone (703) 521-2297

TWP/srs

Enclosures: 2 Certified Copy(ies)

【書類名】 特許願

【整理番号】 47500412

【提出日】 平成12年12月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/10

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

    【氏名】 神戸 俊之

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100071526

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 平田 忠雄

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 038070

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9715180

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路デバイス及び可変光減衰器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板中に光導波路と、該光導波路の上部又は上部近傍に形成された電極を備えた光導波路デバイスであって、

前記電極は、

前記基板上に形成された酸化物を含む導電性の第 1 の薄膜層と、

前記第 1 の薄膜層に積層され、酸化された状態で酸性又は中性を示す導電性の第 2 の薄膜層を備えていることを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項 2】 前記第 2 の薄膜層は、この第 2 の薄膜層に積層され、酸化された状態で中性を示す導電性の第 3 の薄膜層を備えていることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路デバイス。

【請求項 3】 前記第 1 の薄膜層は、酸化インジウムを含むことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路デバイス。

【請求項 4】 前記第 2 の薄膜層は、クロムを含むことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路デバイス。

【請求項 5】 前記第 3 の薄膜層は、金を含むことを特徴とする請求項 2 記載の光導波路デバイス。

【請求項 6】 ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ ) 基板上に設けた 2 本の光導波路間に位相シフタが形成され、この位相シフタの電極に印加した電圧に応じて生じる電界により光減衰を行う可変光減衰器であって、

前記電極は、前記ニオブ酸リチウム基板上に設けられ、酸化物が酸性を示す第 1 の薄膜層と、

前記第 1 の薄膜層上に積層され、酸化物が酸性または中性を示す第 2 の薄膜層を備えることを特徴とする可変光減衰器。

【請求項 7】 前記第 2 の薄膜層は、この第 2 の薄膜層に積層され、酸化された状態で中性を示す導電性の第 3 の薄膜層を備えていることを特徴とする請求項 6 記載の可変光減衰器。

【請求項 8】 前記第 1 の薄膜層は、錫を添加した酸化インジウム ( $\text{ITO}$ )

）薄膜層であり、

前記第 2 の薄膜層は、クロム薄膜層であることを特徴とする請求項 6 記載の可変光減衰器。

【請求項 9】 前記第 3 の薄膜層は、金薄膜層であることを特徴とする請求項 7 記載の可変光減衰器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板中に光導波路が形成されこの光導波路中に電界を生じさせて光路切替や光減衰などを行う光導波路デバイス及び可変光減衰器に関し、特に、電極の信頼性を高めた光導波路デバイス及び可変光減衰器に関する。

【0002】

【従来の技術】

光導波路デバイスは、集積化等に適しており、また低消費電力化にも適していることから光スイッチや光変調器などへの適用が検討されている。また、近年では、DWDM (Dense Wavelength Devision Multiplexing: 高密度波長多重伝送) の普及に伴い、波長多重時における各波長の光パワーを揃える手段や、伝送路において任意波長を選択して挿抜する光ADM (Add Drop Multiplexer) の光部品として可変光減衰器の必要性が高まってきている。その中でも、小型化および低消費電力化に有利な  $\text{LiNbO}_3$  (ニオブ酸リチウム: LN) 基板上に光導波路で、2つの方向性結合器とその間に位相シフタを形成した方向性結合器型マッハツエンダ (MZ) 構成の可変光減衰器が実用化されつつある。

例えば、方向性結合器型マッハツエンダ (MZ) 構成の可変光減衰器は、光信号が通る光導波路に電界を加えて基板の屈折率を変化させることにより信号光の減衰量を制御するものである。この可変光減衰器では、光導波路に電界を生じさせるために基板上に薄膜による電極が形成されている。

【0003】

従来の光導波路デバイスの構成について説明するが、ここでは、可変光減衰器を例にあげて説明する。

図 2 は、従来の可変光減衰器の構成を示す。

【0004】

従来の可変光減衰器 200 は、ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ ) 基板 (以下、LN 基板という) 1、この LN 基板 1 上に形成された電極 2、この電極 2 と LN 基板 1 の間に設けられた  $\text{SiO}_2$  膜 3 を備えて構成されている。また、電極 2 の両側の LN 基板 1 の表面近傍には光導波路 4 a、4 b が設けられている。電極 2 は、LN 基板 1 の表面に設けられた ITO (酸化インジウム: Indium Tin Oxide) 膜 21、この ITO 膜 21 上に設けられたチタン (Ti) 薄膜 22、このチタン薄膜 22 上に設けられた金 (Au) 薄膜 23 からなる 3 層構造になっている。

【0005】

ITO 膜 21 は、錫を添加した酸化インジウムであり、90%以上の可視光透過率と、 $10\ \Omega/\square$ 以下のシート抵抗値をもつ透明電極であり、目合わせずれにより、チタン薄膜 22、金薄膜 23 が  $\text{SiO}_2$  膜 3 を介して光導波路 4 a、4 b に近接することで挿入損失が増大するのを防いでいる。チタン薄膜 22 は、ITO 膜 21 と金薄膜 23 の接着剤の役割を担っている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の可変光減衰器等をはじめとする光導波路デバイスでは、上記のような電極構成を備えていても、特定の環境下、例えば、高温環境で電圧を印加すると、徐々に電極劣化が生じることが判明した。

【0007】

本発明の目的は、継続して電極に電圧を印加しても、電極の劣化が生じにくい光導波路デバイス及び可変光減衰器を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の目的を達成するため、第 1 の特徴として、基板中に光導波路と、該光導波路の上部又は上部近傍に形成された電極を備えた光導波路デバイスであって、前記電極は、前記基板上に形成された酸化物を含む導電性の第 1 の薄

膜層と、前記第 1 の薄膜層に積層され、酸化された状態で酸性又は中性を示す導電性の第 2 の薄膜層を備えていることを特徴とする光導波路デバイスを提供する。

#### 【0009】

この構成によれば、基板上に設けられた電極が、酸化物を含む導電性の第 1 の薄膜層と、この第 1 の薄膜層上に積層され、酸化された状態で酸性又は中性を示す導電性の第 2 の薄膜層を備えて構成されているため、第 1 の薄膜層と第 2 の薄膜層との間には、イオン流出を第 1 層に生じさせるような反応は発生せず、継続的に電極に電圧を印加しても電極破壊による電極劣化は生じ難くなり、製品寿命及び信頼性を向上させることができる。

#### 【0010】

さらに、本発明は、上記の目的を達成するため、第 2 の特徴として、ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ ) 基板上に設けた 2 本の光導波路間に位相シフタが形成され、この位相シフタの電極に印加した電圧に応じて生じる電界により光減衰を行う可変光減衰器であって、前記電極は、前記ニオブ酸リチウム基板上に設けられ、酸化物が酸性を示す第 1 の薄膜層と、前記第 1 の薄膜層上に積層され、酸化物が酸性または中性を示す第 2 の薄膜層と、前記第 2 の薄膜層上に積層され、酸化物が中性を示す第 3 の薄膜層を備えることを特徴とする可変光減衰器を提供する。

#### 【0011】

この構成によれば、LN 基板上に設けられた位相シフタの電極が、下側から酸化物が酸性の第 1 の薄膜層および酸性または中性の第 2 の薄膜層を積層し、さらに酸化物が中性を示す第 3 の薄膜層を備える構成にしたことにより、第 2 の薄膜層が第 1 の薄膜層にイオン流出を生じさせる反応は発生せず、継続的に電極に電圧を印加しても電極破壊による電極劣化は生じ難くなり、可変光減衰器の製品寿命及び信頼性を向上させることができる。

#### 【0012】

#### 【発明の実施の形態】

まず、本発明の光導波路デバイス及び可変光減衰器を発明するに至った経過を

説明する。本発明者らは、電極に劣化が生じる原因について調査し、これを明らかにした。すなわち、光導波路デバイス及び可変光減衰器に用いる電極に最適と思われる元素について〔表 1〕のような調査を行った。その結果、電極劣化の原因が、チタン (Ti) の酸化物である  $TiO_2$  が、アルカリ性を示すためであることを見いだした。表 1 に示されるように、ITO に含まれる酸化インジウム ( $InO$ ) が若干の酸性を示すためにアルカリ性の  $TiO_2$  と反応してイオン流出が生じ、その結果、電極破壊を招くことが判明した。

【0013】

【表 1】

元素	酸化物における作用	密度 $g/m^3$	第一イオン 化エネルギー eV	共有結合 半径 Å	電気陰 性度 eV	融 点 ℃
Ti	$TiO_2$ : アルカリ性	4.5	6.9	1.32	1.5	1668
Au	$Au_2O_3$ : 中性	9.3	9.2	1.94	1.7	1063
In	$InO$ : ( 若干) 酸性	7.3	5.8	1.5	2.4	166

【0014】

そこで、本発明の光導波路デバイス及び可変光減衰器においては、上記した原因による電極劣化を低減させるため、基板上に第 1 及び第 2 の薄膜層を積層して電極を構成するに際し、第 1 の薄膜層は酸化物を含む導電性の薄膜層とし、第 2 の薄膜層は、酸化された状態で酸性又は中性を示す導電性の薄膜層とした。これにより、第 1 の薄膜層にイオン流出が発生するのを防止することができた。なお



、第2の薄膜層には、酸化された状態で中性を示す導電性の第3の薄膜層を設けることができる。

以下、本発明の実施の形態について図面を基に説明する。

【0015】

図1は、本発明による可変光減衰器を示す。以下においては、光導波路デバイスとして、可変光減衰器について説明する。

本発明の可変光減衰器100は、LN基板11、電極12、およびSiO<sub>2</sub>膜13を備えて構成されている。LN基板11の表面には、SiO<sub>2</sub>（二酸化ケイ素）膜13が設けられ、このSiO<sub>2</sub>膜13上に電極12が設けられている。電極12の両側のLN基板11の表面近傍には光導波路14a、14bが設けられている。電極12は、LN基板11の表面に設けられたITO（錫を添加した酸化インジウム）膜31、このITO膜31上に設けられたクロム（Cr）薄膜32、このクロム薄膜32上に設けられた金薄膜33からなる3層構造になっている。クロム薄膜32は、酸化物が若干酸性を示す金属であることが望ましい。

【0016】

ITO薄膜31、クロム薄膜32、及び金薄膜33のそれぞれは、起電力の異なる異種材料の接合による三層構造の電極になるため、微少電池効果による電極劣化を防ぐことができる。ITO膜31は、錫を添加した酸化インジウム（ITO）であり、90%以上の可視光透過率と10Ω/□以下のシート抵抗値を持つ透明電極であり、目合わせずれによりクロム薄膜32、金薄膜33がSiO<sub>2</sub>薄膜13を介して直接導波路に近接することで、挿入損失が増大することを防いでいる。クロム薄膜32は、ITO薄膜31と金薄膜33を接着する接着剤の役割を果たしている。

【0017】

【表 2】

元 素	酸化物に おける作用	密 度 g / m <sup>3</sup>	第一イオン 化エネルギー e V	共有結合 半径 A	電気陰 性度 e V	融 点 ℃
C r	C r O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> : 酸性	7 . 2	6 . 8	1 . 1 7	1 . 6	1 8 7 5

## 【0 0 1 8】

【表 2】に示すように、本実施の形態で使用したクロム薄膜 3 2 は、その酸化物である C r O<sub>4</sub><sup>2-</sup> が酸性を示している。そして、【表 1】に示したように、I T O に含まれる酸化インジウム (I n O) も同じく酸性を示すので、イオン流出の反応を抑圧することができ、結果として電極破壊を防止することができる。したがって、製品寿命及び信頼性が向上する。

## 【0 0 1 9】

上記実施の形態においては、クロム薄膜 3 2 は酸化物が酸性であるとしたが、イオン流出の反応を生じるアルカリ性以外であればよく、したがって中性でもよい。

また、電極 1 2 にクロム (C r) 薄膜を用いたが、本発明はクロム薄膜に限定されるものではなく、その酸化物が中性または酸性を示す金属であれば特に限定されない。

さらに、上記実施の形態においては、光導波路デバイスとして可変光減衰器を図面に示して説明したが、本発明にかかる電極構造を用いた光部品、例えば、光スイッチ、光変調器等についても適用可能である。

また、保護層としての第 3 の薄膜層には A u を用いたが、これに近い機能が得られるものであればよく、他の金属を用いても構わない。

## 【0 0 2 0】

【発明の効果】

以上より明らかなように、本発明の光導波路デバイス及び可変光減衰器によれば、基板上に設けられた電極が、酸化物が酸性を示す第1の薄膜層と、この第1の薄膜層上に設けられ、酸化物が酸性または中性を示す第2の薄膜層を備える構成にしたので、第1層にイオン流出を生じさせる反応は発生せず、電極破壊による電極劣化が生じないようにすることができる結果、製品寿命や信頼性を向上させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の可変光減衰器を示す斜視図である。

【図2】

従来の変光減衰器を示す斜視図である。

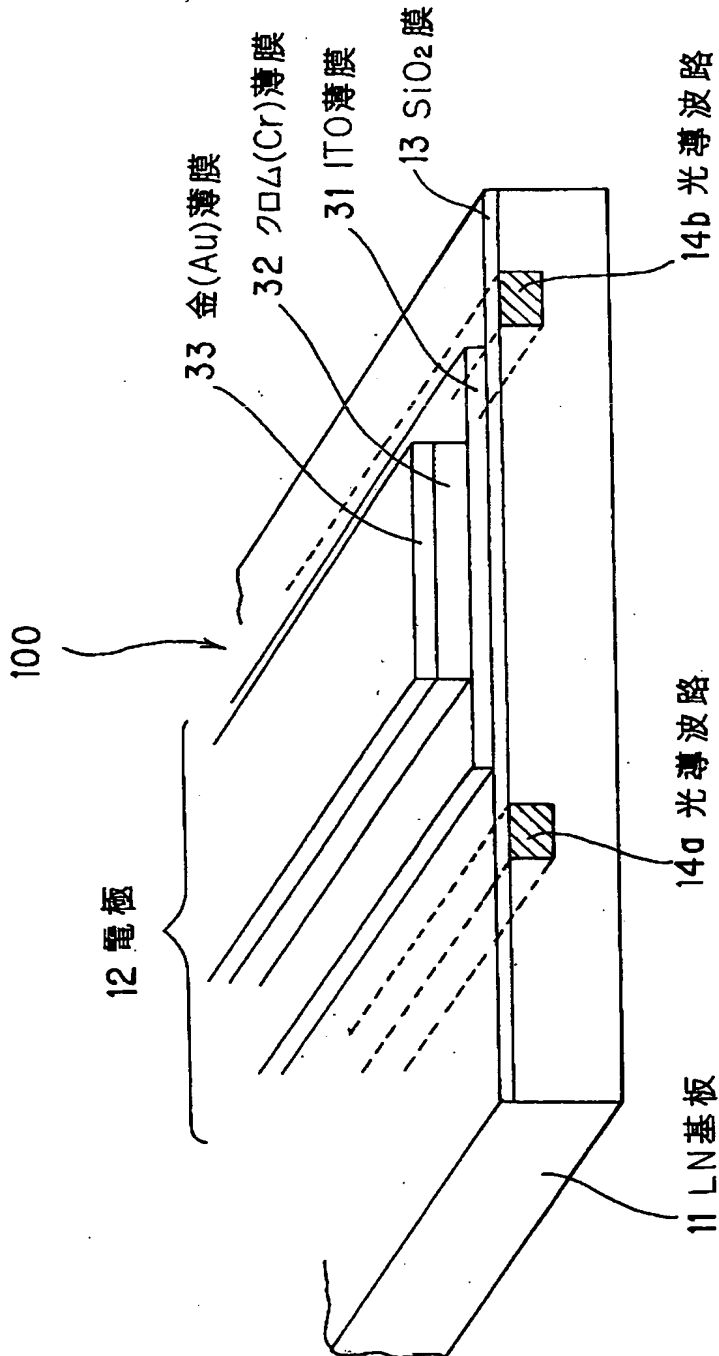
【符号の説明】

- 1 1    L N 基板
- 1 2    電極
- 1 3    S i O<sub>2</sub> 膜
- 1 4 a, 1 4 b    光導波路
- 3 1    I T O 膜
- 3 2    クロム薄膜
- 3 3    金薄膜
- 1 0 0    可変光減衰器

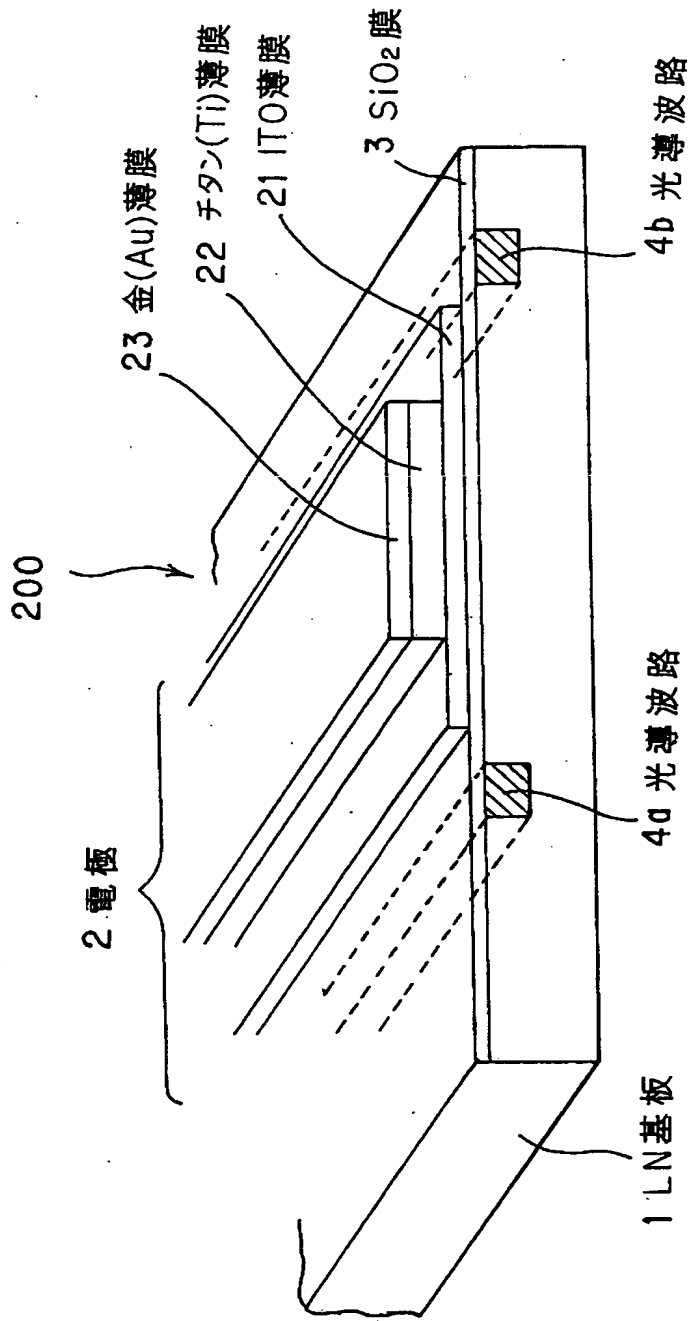
【書類名】

図面

【図1】



【図2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特定の環境下においても、光信号の位相を制御するための電極に劣化が生じないようにした光導波路デバイス及び可変光減衰器を提供する。

【解決手段】 可変光減衰器 1 0 0 は、ニオブ酸リチウム (LN) 基板 1 1 上に設けた 2 本の光導波路 1 4 a, 1 4 b 間に位相シフタが形成されており、その電極 1 2 に印加する電圧に応じて生じる電界により光減衰が行われる。電極 1 2 は、LN 基板 1 1 上に  $\text{SiO}_2$  膜 1 3 を介して設けられた ITO 膜 3 1 と、この ITO 膜 3 1 上に設けられ、酸化物が酸性を示すクロム薄膜 3 2 を備えて構成されている。ITO 膜 3 1 とクロム薄膜 3 2 が共に酸化物が酸性を示すため、イオン流出は生ぜず、電極破壊による電極劣化は生じない。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社